

технического обеспечения. В этом случае возможно проведение образования студентом на самостоятельной основе с выполнением текущих и итоговых контрольных мероприятий.

Опыт использования УМК-Д в 2007 учебном году показал эффективность его использования при традиционной организации учебного процесса, а именно высокий уровень освоения материала, повышение качества выполнения рефератов по дисциплине и готовность студента к самостоятельной работе по дисциплинам специальности.

**Паршин С.В.**

**ПОСТРОЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОФИЛИРОВАНИИ ТРУБ**

*netskater@mail.ru*

*ГОУ ВПО УГТУ-УПИ*

*г. Екатеринбург*

*Выявлены схожие черты, присущие различным процессам профилирования труб, что позволяет сформулировать их обобщенную модель для внедрения ее в процесс обучения студентов.*

*Analogous features inherent to the tube profiling processes of all kind were detected. This is allowing to state a generalized model of above processes to introduce it into education.*

Общеизвестно, что применение в технике, строительстве полых профилей вместо сплошных позволяет при равной массе конструкции добиться повышения ее рабочих и прочностных характеристик, либо снизить массу при сохранении указанных характеристик. Кроме того, полые профили, при использовании их специальных свойств, являются незаменимыми в теплотехнической, металлургической, химической и других отдельных областях машиностроения. При этом применение труб со специальным профилем, разработанным для конкретных целей, позволяет, как правило, добиться еще более значительного роста эксплуатационных характеристик машины или конструкции.

Фактором, сдерживающим в настоящий момент широкое внедрение в промышленности профильных труб является, прежде всего, их повышенная стоимость, которая, во многих случаях является следствием нехватки специализированных и универсальных установок для их получения.

Разработка установки для профилирования труб должна базироваться на выбранном типе технологического процесса. Среди характерных процессов, используемых для получения профильных труб, могут быть названы:

- Получение профильных труб волочением, в том числе безоправочное, на неподвижной цилиндрической оправке, на самоустанавливающейся оправке, на подвижной недеформируемой оправке, на пластическом сердечнике; по типу волоки – в монолитной волоке, в разъемной волоке, роликовой или шариковой волоке; по типу движения волоки – в неподвиж-

ной, движущейся поступательно, вращающейся, вибрирующей волоке; по типу подачи трубы – вытягивание или заталкивание изделия; по типу приложения рабочего усилия – волочение, проталкивание, волочение с противонапряжением, проталкивание с подпором.

- Получение профильных труб холодной и горячей прокаткой, в том числе на станах ХПТ, ХПТР, на пилигримовых станах, на многоклетевых станах при помощи горячей и холодной прокатки, прокаткой в универсальных клетях, винтовой прокаткой
- Получение профильных труб прессованием, гидропрессованием, гидроформовкой и ковкой.
- Получение профильных труб формовкой их из листа (возможно, с последующей сваркой).
- Прочие способы, например, накаткой роликами, деформацией при помощи гибких и упругих элементов и др.

Профильная труба в общем случае представляет собой изделие, имеющее наружную и внутреннюю профильные поверхности. Таким образом, можно утверждать, что общим во всех рассмотренных методах является воздействие инструмента или рабочей среды на наружную и внутреннюю поверхность заготовки, приводящее к одно- или многократной пластической деформации ее металла, и получению готовой профильной трубы.

Создание новых установок для профилирования труб и усовершенствование старых требует теоретической проверки осуществимости процесса, получения значений его энергосиловых параметров (например, усилия профилирования), и проверки свойств получаемой продукции (например, запаса пластичности ее материала). Указанные значения могут быть получены на основе моделирования очага деформации в процессе.

К обобщенной схеме очага деформации при получении профильных труб могут быть предъявлены следующие требования:

- Наличие воздействия на внутреннюю и наружную поверхности трубы, приводящее, в частном случае, к получению независимой формы профиля на внутренней и наружной поверхностях;
- Осуществление указанного воздействия при помощи инструмента, имеющего сложную форму сечения, в частном случае, непостоянного по направлению оси трубы;
- Моделирование рабочего перемещения инструмента, в частном случае непрямолинейного, а также случаев сложного движения, например, планетарного движения инструмента при движущейся заготовке;
- Моделирование непостоянства воздействия инструмента, например, с целью получения непрофилированных участков или участков с низкой степенью профилирования;
- Осуществление периодического движения инструмента или заготовки.

В полной мере поставленным требованиям при моделировании отвечает лишь конечно – элементный метод расчетов, который, в частности, позволяет моделирование сложной формы инструмента и получаемой трубы, а также сложных траекторий их движения. Один из недостатков такого метода, а именно большой объем расчетов, в настоящее время компенсируется ростом вычислительных мощностей современных компьютеров.

Таким образом, при использовании указанного метода, создание схемы очага деформации сводится к получению твердотельной модели инструмента и заготовки, разбивке их на конечные элементы, заданию рабочих нагрузок, решению и интерпретации полученных результатов.

При обучении студентов по курсу «Пакеты прикладных программ» описанная методика используется при выполнении учебных расчетов на модели обкатки трубы роликами и безоправочного волочения трубы. Порядок выполнения задач соответственно следующий.

Задается тип конечного элемента в форме трехгранной пирамиды (тетраэдра). По заданным размерам строится примитив полого цилиндра (модели трубы) и примитив профилирующего ролика. Для экономии времени решения используются частичные модели в виде объемных секторов, что позволяет, пользуясь симметрией, достроить недостающую часть модели.

Производится относительное позиционирование ролика и трубы. Задаются свойства материала в виде таблицы, определяющей кривую упрочнения материала трубы, а также упругие свойства материала в виде модуля Юнга и коэффициента Пуассона для выбранного материала.

Производится создание конечно-элементной сетки. При этом визуально контролируется плотность разбивки.

При решении задачи рекомендуется придерживаться достаточно грубой разбивки моделей на конечные элементы. Относительно небольшая плотность разбивки, хотя и недостаточна для получения точного результата, является средством для сокращения потерь времени при выполнении работ в рамках учебного процесса.

Производится приложение закреплений, а именно жесткой заделки в крайних сечениях трубы, задание отсутствия перемещений ролика по осям  $Y$  и  $Z$ , а также приложение нагрузок в виде перемещения ролика по оси  $X$ .

Осуществляется задание условий контактного взаимодействия ролика и трубы. Указывается коэффициент трения скольжения ролика по трубе

После окончания формулировки задачи производится выполнение расчета и просмотр результатов.

Для моделирования процесса безоправочного волочения в качестве инструмента используется модель цилиндра, из которой вычитают модель конуса, что позволяет задать упрощенную модель волоки с коническим отверстием. При этом меняется схема приложения нагрузок, а именно, волока является неподвижной, а труба перемещается вдоль собственной оси, проходя через волоку.

Приведенные выше модели сформулированы в виде карточек, задающих последовательность действий студента в стандартном компьютерном конечно – элементном пакете, а также параметры задачи (например, геометрические размеры используемого инструмента и трубы).

Таким образом, большую часть времени работы над выполнением модели занимает самостоятельная работа студента, что позволяет глубже ознакомиться с принципами построения моделей, работы программного пакета, улучшить качество восприятия материала.

**Паршин С.В.**

#### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОФИЛИРОВАНИЯ ТРУБ СО СВАРНЫМ ШВОМ

*netskater@mail.ru*

*ГОУ ВПО УГТУ-УПИ*

*г. Екатеринбург*

*Рассмотрены созданные конечно – элементные модели процессов получения высокотехнологичных изделий – профильных труб.*

*A created finite-element models of advanced technology profiled tube producing were considered.*

Более 60% общего объема производства стальных труб составляют сварные трубы, причем производство сварных труб развивается более быстрыми темпами, чем бесшовных. Стальные сварные трубы широко применяют во многих отраслях; нефтяной и газовой промышленности, строительной промышленности, энергетике, химической индустрии, сельском хозяйстве и т. д.

Современные методы производства сварных труб позволяют получать трубы, отличающиеся большой точностью по толщине стенки и диаметру, низкой себестоимостью, малым расходом металла. Сварные трубы изготавливают размерами 6-1620 мм и более по наружному диаметру и толщиной стенки 0,15-26 мм.

В отечественной промышленности имеются также трубоэлектросварочные агрегаты для производства труб диаметром 1720-2520 мм. К настоящему времени известно более 20 способов производства сварных труб, которые отличаются друг от друга как применяемыми методами сварки, так и способами формовки листовой заготовки.

Известно, что для получения профильных труб, например, теплотехнического, нефтегазового назначения, в качестве заготовки применяются гладкие цилиндрические трубы. В то же время известно, что получение бесшовных труб, имеющих большой (до 300-400 мм) диаметр или относительно небольшую толщину стенки затруднено или вовсе невозможно.

Таким образом, при получении некоторых специальных видов профильных труб возникает задача профилирования гладкой сварной трубы. В то же время известно, что материал сварного шва может иметь пластические и прочностные свойства, в значительной степени отличающиеся от основного мате-